УДК 338, 519
JEL C53
DOI: 10.57015/issn1998-5320.2024.18.3.19
Научная статья

Н. С. Веремчук[1, 2] ✉, Ю. И. Привалова[1], Е. В. Воробьева[1]
✉ n-veremchuk@rambler.ru
[1]Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), г. Омск, Российская Федерация
[2]Омский государственный технический университет, г. Омск, Российская Федерация

Использование имитационного моделирования в экономическом планировании при выборе эффективных производственных линий

Аннотация: В условиях развития цифрового производства актуальным является применение современных отечественных программных продуктов и средств при решении вопросов экономического планирования и оценки эффективности работы предприятия. Для успешной и рентабельной деятельности предприятия на этапе проектирования необходимо качественно и осмысленно формировать линии производства с применением цифровых инструментов. Цель статьи: разработка имитационной модели производственной линии по выпуску бытовых изделий; проведение экспериментов с применением построенной модели, описывающих различные экономические ситуации; по полученным результатам формулирование рекомендаций, направленных на повышение эффективности и увеличение производительности работы предприятия. Исследование выполнено с использованием современных технологий и ресурсов, а именно методов агентного и дискретно-событийного имитационного моделирования в отечественной программной среде AnyLogic Personal Learning Edition. Показано, что применение методов имитационного моделирования при выборе эффективных производственных линий способствует более быстрому и качественному принятию решений, направленных на повышение эффективности работы производства. Материалы статьи могут быть полезны при проведении исследований, связанных с оценкой оптимального применения трудовых и материальных ресурсов производственных линий.

Ключевые слова: имитационная модель, цифровое производство, оптимизация, AnyLogic.

Дата поступления статьи: 1 июля 2024 г.

Для цитирования: Веремчук Н. С., Привалова Ю. И., Воробьева Е. В. (2024) Использование имитационного моделирования в экономическом планировании при выборе эффективных производственных линий. Наука о человеке: гуманитарные исследования, том 18, № 3, с. 203–211. DOI: 10.57015/issn1998-5320.2024.18.3.19.

Scientific article

N. S. Veremchuk[1, 2] ✉, Yu. I. Privalova[1], E. V. Vorobyova[1]
✉ n-veremchuk@rambler.ru
[1]The Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russian Federation
[2]Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

The use of simulation modeling in economic planning when choosing efficient production lines

Abstract: In the context of the development of digital production, the use of modern domestic software products and tools in solving issues of economic planning and evaluating the effectiveness of the enterprise is relevant. For the successful and cost-effective operation of the enterprise at the design stage, it is necessary to form production lines using digital tools in a high-quality and meaningful way. Purpose of the article: development of a simulation model of a production line for the production of household products; conducting experiments using the constructed model describing various economic situations; based on the results obtained, formulation of recommendations aimed at improving the efficiency and increasing the productivity of the enterprise. The research was carried out using modern technologies and resources, namely, agent-based and discrete-event simulation methods in the domestic AnyLogic Personal Learning Edition software environment. It is shown that the use of simulation modeling methods in the selection of efficient production lines contributes to faster

© Н. С. Веремчук, Ю. И. Привалова, Е. В. Воробьева, 2024

and better decision-making aimed at improving the efficiency of production. The materials of the article can be useful in conducting research related to the assessment of the optimal use of labor and material resources of production lines.

Keywords: simulation model, digital manufacturing, optimization, AnyLogic.

Paper submitted: July 1, 2024.

For citation: Veremchuk N. S., Privalova Yu. I., Vorobyova E. V. (2024) The use of simulation modeling in economic planning when choosing efficient production lines. Russian Journal of Social Sciences and Humanities, vol. 18, no. 3, pp. 203–211. DOI: 10.57015/issn1998-5320.2024.18.3.19.

Введение

В условиях модернизации экономики, стремительного развития информационных технологий и средств коммуникаций необходима цифровизация промышленного производства (Антипов, Митин, Пащенко, 2019; Белкин, 2023; Бушуева, Масюк, Брагина, Илюхина, 2022; Масюк, Бушуева, Герасимова, 2022). В настоящее время рост негативных явлений и воздействий на экономику страны приводит к тому, что особое значение приобретает необходимость оптимального расходования трудовых и материальных ресурсов на производствах (Агибалов, Терновых, 2022; Бойцов и др., 2022; Мельникова, 2022; Тян, Комаров, 2022). Добиться этого можно путем внедрения новых прорывных технологий, основанных на результатах фундаментальных и прикладных наук (Вахрушев, Трофимов, Трофимова, 2022; Веремчук, Куликова, 2024; Гейда, 2022; Раевский, Власова, 2023). Экономическая эффективность производственных предприятий несомненно зависит от мероприятий по повышению производительности труда, которые достигаются путем осуществления программ по обеспечению наилучшего распределения ресурсов; определения затрат на реализацию повышения качества продукции в условиях неопределенности; нахождения оптимального варианта развития производства из числа возможных.

В процессе эффективного решения вопросов технического проектирования производственных линий используются цифровые технологии, технологии машинного обучения, элементы искусственного интеллекта, технологии имитационного моделирования (Beklaryan, Khachatryan, Akopov, 2019; Jia, Jiao, Lian, Wang, 2023). Многие проблемы экономического планирования и промышленного производства, а также обеспечения эффективности распределения ресурсов можно решить с использованием математических методов и алгоритмов имитационного моделирования, в котором сложная многоуровневая система заменяется математической моделью (Макаров идр., 2022; Масюк, Герасимова, Бушуева, 2023; Масюк, Куликова, Усачева, 2020; Makarov, Bakhtizin, Beklaryan, 2019).

Разработанную имитационную модель можно использовать как основу исследования, направленную на решение задач оптимизации ресурсов, анализа работы и экономического планирования функционирования производств (Веремчук, Куликова, 2024; Макаров и др., 2022). Специалисты технической подготовки производства должны обладать глубокими знаниями в области прикладной математики и исследования операций. В помощь таким специалистам на рынке ИТ-технологий представлено много программных продуктов, которые реализуют методы имитационного моделирования, но в рамках импортозамещения был разработан программный продукт российского производства – система AnyLogic (Веремчук, 2023).

К имитационному моделированию производственных процессов прибегают тогда, когда построение аналитической математической модели невозможно, так как в системе есть время, причинно-следственные связи, последствия, нелинейности, стохастические (случайные) переменные, для которых необходимо сымитировать поведение системы во времени. Также имитационное моделирование хорошо работает, когда построение реальной физической модели объекта для проведения эксперимента дорого или невозможно (Вахрушев, Трофимов, Трофимова, 2022; Веремчук, Куликова, 2024).

Целью исследования была разработка имитационной модели, изучение ее работы, моделирование различных экономических ситуаций и выдача рекомендаций, направленных на повы-

шение эффективности и увеличение производительности труда работников. Показано как имитационный подход применяется в производственном процессе при анализе и прогнозировании поведения сложных систем, в результате чего оптимизируются процессы производства.

Методы

В статье приведен один из вариантов применения методов имитационного моделирования в проектировании технических процессов. На примере показана возможность применения имитационного моделирования в вопросах общей и экономической оценки эффективности производственного процесса, а именно производственной линии бытовых изделий. Представленная имитационная модель построена с помощью возможностей среды AnyLogic PLE (Боев, 2021). В процессе построения использовались элементы агентного и дискретно-событийного моделирования. На этапе технической подготовки производства, с целью оптимизации процессов, предлагается разработка имитационной модели производственной линии по изготовлению бытовых изделий.

На смоделированной производственной линии представляется возможным изготовление бытовых изделий из заготовок. Разработанную имитационную модель описывают следующие переменные:

1. Входные: количество поступающих заготовок для производства бытовых изделий, количество участков (8) и рабочих на них (15).

2. Выходные: прогноз времени на обработку определенного количества заготовок или прогноз числа заготовок за определенный период времени.

3. Установочные: количество металлических листов, используемых для производства.

4. Эндогенные: квалификация рабочих, состояние оборудования, качество металла.

С целью экономического планирования производственной линии была разработана имитационная модель, с помощью которой определены оптимальные значения применяемых параметров. При этом использованы следующие основные ограничения и рекомендации:

– математическая имитационная модель должна удовлетворять требованиям полноты и адекватности, а также иметь возможность варьирования в широким диапазоне параметров;

– имитационная модель должна быть абстрактной, но при этом должен быть сохранен ее физический смысл;

– модель должна в полной мере удовлетворять условиям и ограничениям поставленной задачи;

– модель должна быть реализуема;

– модель должна обеспечивать информацию, ради получения которой она создавалась;

– модель должна основываться на общепринятой терминологии.

Основное обязательное требование: имитационные модели, как и другие математические модели необходимо проверять на достоверность и точность. Это связано с тем, что они не являются точной копией исследуемого объекта, поэтому могут содержать погрешности, которые необходимо минимизировать в результате вычислительного эксперимента. В нашем случае, если математическая модель не соответствует требованиям минимизации ресурсов на разработку плана производственной линии, то необходимо корректировать входные параметры.

Результаты

Предложенная имитационная модель построена с учетом реализации в ней следующей последовательности действий. Рабочий производственной линии предприятия берет заготовки для бытовых изделий в складском цехе. Часть заготовок для изделий поступают на первый участок производственной линии, а другая часть – на второй участок. Далее обе части заготовок поступают на третий участок для обработки. Затем – на сварочный участок для создания дополнительных элементов. На участке автоматов ставится клеймо производителя. На заключительном этапе готовое бытовое изделие попадает на участок контроля качества (рис. 1).

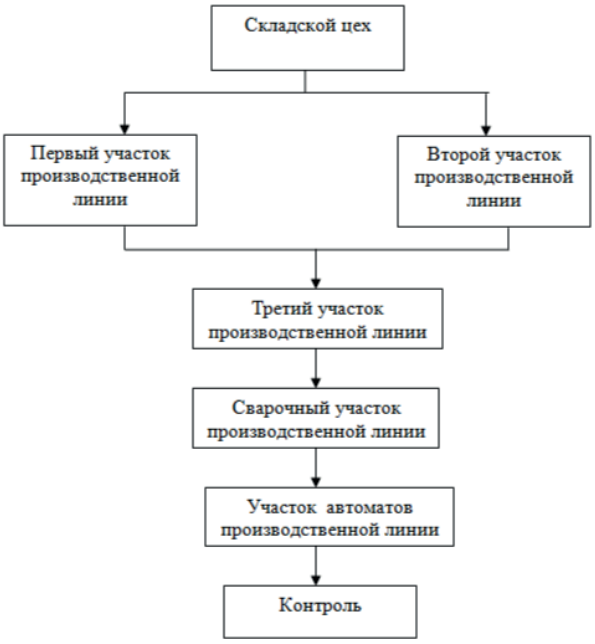

Рис. 1. Схема производственной линии по участкам

Fig. 1. Scheme of the production line by sections

При разработке имитационной модели производственной линии в среде AnyLogic создан проект. Создание проекта проходит в несколько этапов, на каждом из которых задаются соответствующие параметры для проекта модели производства. При этом установлены следующие значения параметров в модели:

- количество металлических листов неограниченно;
- количество рабочих – 15;
- количество линий производства – 8 (по одной на каждом участке);
- максимальное количество заготовок, изготавливаемых на одной линии – 5;
- интенсивность работы фиксированная.

Для построения имитационной модели использовалось агентное и дискретно-событийное моделирование в программной среде AnyLogic. В этой среде предусмотрена возможность применения типовых библиотек, с использованием которых построена итоговая диаграмма производственных процессов (рис. 2).

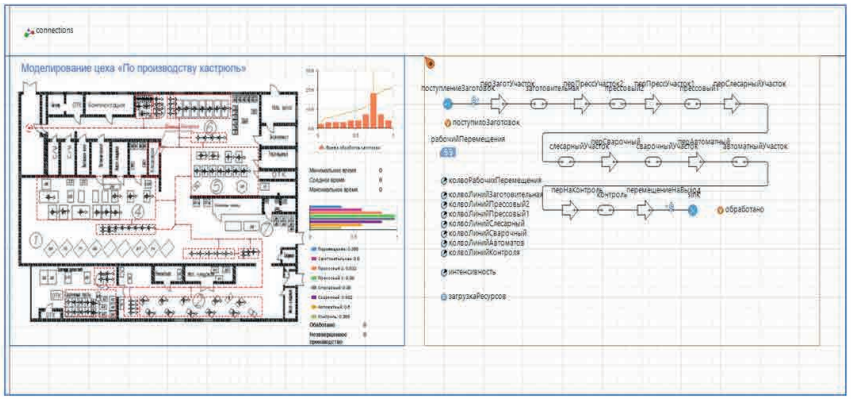

Рис. 2. Диаграмма производственных процессов в модели

Fig. 2. Diagram of production processes in the model

Значения у применяемых в модели параметров можно изменять и таким образом моделировать различные экономические ситуации, изучать их динамику во времени. Частично настройки значений применяемых параметров в имитационной модели производственной линии представлены на рис. 3.

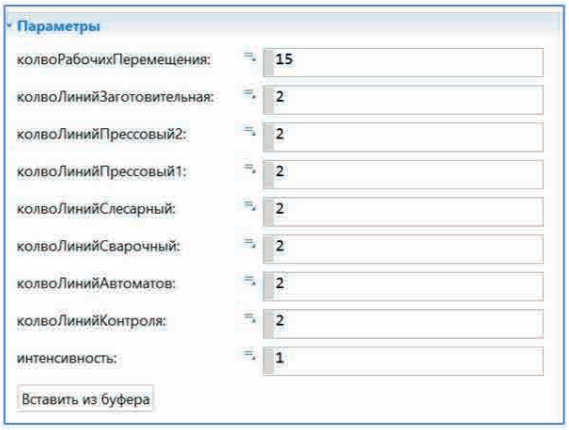

Рис. 3. Настройки параметров в имитационной модели производственной линии

Fig. 3. Parameter settings in the production line simulation model

Для наглядного представления результаты в среде AnyLogic могут быть рассмотрены в табличной или графической форме. Результаты вычислительного эксперимента представлены на рис. 4. На графике отражено среднее время обработки заготовок и формирования готовой продукции на каждом участке производственной линии. Это позволит более качественно осуществлять экономическое планирование производства и оценивать объем потребляемых при этом ресурсов различного вида.

Рис. 4. Эксперименты с имитационной моделью

Fig. 4. Experiments with the simulation model

Кроме эксперимента по определению времени обработки изделий проведен эксперимент по оптимизации и определению лучших значений параметров, применяемых в модели производства (рис. 5). По результатам эксперимента можно подобрать, например, оптимальное число сотрудников на каждом участке производственной линии (по 2 на каждом участке производства).

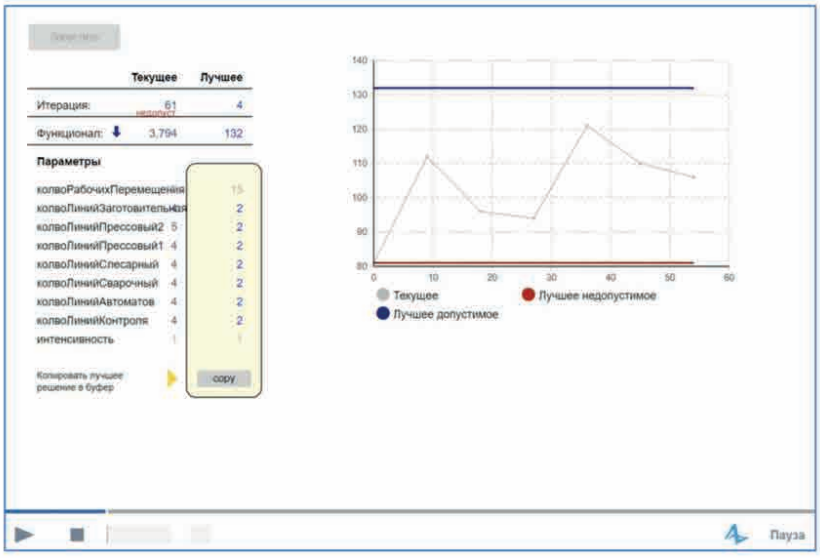

Рис. 5. Результат эксперимента по оптимизации ресурсов

Fig. 5. Result of the resource optimization experiment

Построенная модель легко настраивается на имитацию различных экономических ситуаций. Изменяя значения параметров, можно в режиме реального времени проигрывать поведение моделируемой системы во времени и прогнозировать дальнейшее развитие событий на производстве. При этом применяемый программный продукт – отечественного производства и находится в открытом доступе.

Полученные результаты отражают основные особенности функционирования производственной линии, позволяют моделировать различные экономические ситуации, строить заключения об оптимальном объеме применяемых ресурсов, о количестве единиц выпускаемой продукции, времени производства и многих других параметрах, влияющих на принятие решений и оценку эффективности производства.

Таким образом, модели и методы имитационного моделирования целесообразно применять для экономического планирования и оценки эффективности производственных линии на предприятии, например, при поиске оптимального плана производства из числа возможных решений.

Выводы

Использование имитационного подхода в процессе технической подготовки производства при анализе и прогнозировании эффективности производственных линий приводит к тому, что процесс создания бытовых изделий становится более наглядным, удобным, информативным за счет применения инструментов программной среды AnyLogic и возможности наблюдения за поведением системы в режиме реального времени. Данные преимущества имитационного подхода, а также знания методов моделирования и оптимизации будут содействовать повышению уровня компетенций специалистов в области цифрового производства.

Применение методов имитационного моделирования при выборе эффективных производственных линий способствует более быстрому и качественному принятию решений, направленных на повышение эффективности производства с целью достижения наилучшего экономического результата от реализации проектов. Использование современных информационных технологий, основанных на методах имитационного моделирования, на примере производственной линии показало эффективность решения задачи оптимизации. С учетом полученных результатов можно подчеркнуть необходимость применения программ имитационного моделирования на стадии экономического планирования и создания производственных линий на предприятии, что отражает тенденцию к цифровизации производства.

Построенная в среде AnyLogic имитационная модель производственной линии может быть применена в рамках аналогичного производства различных бытовых изделий. Материалы статьи могут быть полезны при проведении исследований, связанных с оценкой оптимального применения трудовых и материальных ресурсов производственных линий.

Источники

Агибалов А. В., Терновых К. С. (2022) Экономико-математическое моделирование как инструмент стратегического планирования развития сельских территорий. АПК: экономика, управление, № 7, с. 11–20.

Антипов В. И., Митин Н. А., Пащенко Ф. Ф. (2019) Макроэкономическая имитационная модель развития мировой экономики. Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша, № 153, 20 с. DOI: 10.20948/prepr-2019-153.

Белкин Ю. А. (2023) Дескриптивная модель источниковой базы по проблемам моделирования тенденций развития мирового рынка нефти. Гуманитарный научный журнал, №1-1, с. 47–52.

Боев В. Д. (2021) Компьютерное моделирование в среде AnyLogic. М., Юрайт, 298 с.

Бойцов Б. В., Балановский В. Л., Куприков М. Ю., Рипецкий А. В., Николаева Н. В. (2022) Управление качеством проектирования и эксплуатации с использованием риск-ориентированного информационного моделирования. Качество и жизнь, № 3 (35), с. 86–89.

Бушуева М. А., Масюк Н. Н., Брагина З. В., Илюхина А. С. (2022) Превращение экономики региона в экосистему в парадигме цифрового развития. Азимут научных исследований: экономика и управление, № 11 (3), с. 13–18.

Вахрушев С. А., Трофимов Б. С., Трофимова Л. С. (2022) Математическое моделирование производственных показателей работы подвижного состава с учетом условий Крайнего Севера. Интеллект. Инновации. Инвестиции, № 4, с. 104–115.

Веремчук Н. С. (2023) О формировании цифровой грамотности студентов на базе имитационного модельного подхода. Наука о человеке: гуманитарные исследования, т. 17, № 3, с. 179–187. DOI: 10.57015/issn1998-5320.2023.17.3.19.

Веремчук Н. С., Куликова О. М. (2024) Информационные технологии как инструмент экономического планирования и управления городской средой в современных условиях. Актуальные проблемы экономики и менеджмента, № 1 (41), с. 14–22.

Гейда А. С. (2022) Пример и направления совершенствования моделирования использования информационных технологий для получения результатов функционирования систем. Современные наукоемкие технологии, № 12-2, с. 199–210.

Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Бекларян Г. Л., Акопов А. С., Ровенская Е. А., Стрелковский Н. В. (2022) Агентное моделирование социально-экономических последствий миграции при государственном регулировании занятости. Экономика и математические методы, т. 58, № 1, с. 113–130.

Масюк Н. Н., Бушуева М. А., Герасимова А. А. (2022) Концепция экосистем в экономике знаний: теоретический базис. Естественно-гуманитарные исследования, № 44 (6), с. 208–212.

Масюк Н. Н., Герасимова А. А., Бушуева М. А. (2023) Цифровая финансовая грамотность и цифровые финансовые компетенции в управлении знаниями. Креативная экономика, № 17 (5), с. 1637–1654.

Масюк Н. Н., Куликова О. М., Усачева Е. В. (2020) Применение имитационного моделирования и агентного подхода при решении задач планирования и оптимизации в здравоохранении РФ. Наука о человеке: гуманитарные исследования, т. 14, № 3, с. 198–207. DOI: 10.17238/issn1998-5320.2020.14.3.24.

Мельникова Ю. В. (2022) Компьютерное моделирование инвестиционного риска на основе показателя VALUE-AT-RISK. Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками, № 7, с. 94–98.

Раевский Л. А., Власова А. В. (2023) Моделирование уровня инфляции Российской Федерации. Образование и наука в современном мире. Инновации, № 1 (44), с. 73–80.

Тян В. К., Комаров П. А. (2022) Моментная теория моделирования процессов производства, строительства и эксплуатации резервуаров, изготовленных индустриальным способом. Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья, № 5-6, с. 43–39.

Beklaryan L., Khachatryan N., Akopov A. (2019) Model for organization cargo transportation at resource restrictions. International Journal of Applied Mathematics, vol. 32, no. 4, pp. 627–640.

Jia Q., Jiao L., Lian X., Wang W. (2023) Linking supply-demand balance of ecosystem services to identify ecological security patterns in urban agglomerations. Sustainable Cities and Society, vol. 92, 104497.

Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Beklaryan G. L. (2019) Developing digital twins for production enterprises. Business Informatics, vol. 14, no. 1, pp. 7–16.

References

Agibalov A. V., Ternovykh K. S. (2022) Ekonomiko-matematicheskoye modelirovaniye kak instrument strategicheskogo planirovaniya razvitiya sel'skikh territoriy [Economic and mathematical modeling

as a tool for strategic planning of rural development]. AIC: economics, management, no. 7, pp. 11–20 (In Russian).
Antipov V. I., Mitin N. A., Pashchenko F. F. (2019) Makroekonomicheskaya imitatsionnaya model' razvitiya mirovoy ekonomiki [Macroeconomic simulation model of global economic development]. Preprints of the Keldysh Institute of Applied Mathematics, no. 153, 20 p. DOI: 10.20948/prepr-2019-153 (In Russian).
Beklaryan L., Khachatryan N., Akopov A. (2019) Model for organization cargo transportation at resource restrictions. International Journal of Applied Mathematics, vol. 32, no. 4, pp. 627–640.
Belkin Yu. A. (2023) Deskriptivnaya model' istochnikovoy bazy po problemam modelirovaniya tendentsiy razvitiya mirovogo rynka nefti [Descriptive model of the source base on the problems of modeling the development trends of the world oil market]. Gumanitarnyy nauchnyy zhurnal, Humanitarian scientific journal, no. 1-1, pp. 47– 52 (In Russian).
Boyev V. D. (2021) Komp'yuternoye modelirovaniye v srede AnyLogic [Computer modeling in the AnyLogic environment]. Moscow, Yurait Publ., 298 p. (In Russian).
Boytsov B. V., Balanovskiy V. L., Kuprikov M. Yu., Ripetskiy A. V., Nikolayeva N. V. (2022) Upravleniye kachestvom proyektirovaniya i ekspluatatsii s ispol'zovaniyem risk-oriyentirovannogo informatsionnogo modelirovaniya [Design and Operation Quality Management Using Risk-Oriented Information Modeling]. Quality and life, no. 3 (35), pp. 86–89 (In Russian).
Bushuyeva M. A., Masyuk N. N., Bragina Z. V., Ilyukhina A. S. (2022) Prevrashcheniye ekonomiki regiona v ekosistemu v paradigme tsifrovogo razvitiya [Transformation of a Region's Economy into an Ecosystem in the Digital Development Paradigm]. Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration, no. 11 (3), pp. 13–18 (In Russian).
Geida A. S. (2022) Primer i napravleniya sovershenstvovaniya modelirovaniya ispol'zovaniya informatsionnykh tekhnologiy dlya polucheniya rezul'tatov funktsionirovaniya sistem [An example and directions for improving the modeling of the use of information technologies to obtain the results of the functioning of systems]. Modern high technologies, no. 12-2, pp. 199–210 (In Russian).
Jia Q., Jiao L., Lian X., Wang W. (2023) Linking supply-demand balance of ecosystem services to identify ecological security patterns in urban agglomerations. Sustainable Cities and Society, vol. 92, 104497.
Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Beklaryan G. L. (2019) Developing digital twins for production enterprises. Business Informatics, vol. 14, no. 1, pp. 7–16.
Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Beklaryan G. L., Akopov A. S., Rovenskaya Ye. A., Strelkovskiy N. V. (2022) Agentnoye modelirovaniye sotsial'no-ekonomicheskikh posledstviy migratsii pri gosudarstvennom regulirovanii zanyatosti [Agent-based modeling of socio-economic consequences of migration under state regulation of employment]. Economics and Mathematical Methods, vol. 58, no. 1, pp. 113–130 (In Russian).
Masyuk N. N., Bushuyeva M. A., Gerasimova A. A. (2022) Kontseptsiya ekosistem v ekonomike znaniy: teoreticheskiy bazis [The concept of ecosystems in the knowledge economy: theoretical basis]. Natural-Humanitarian Studies, no. 44 (6), pp. 208–212 (In Russian).
Masyuk N. N., Gerasimova A. A., Bushuyeva M. A. (2023) Tsifrovaya finansovaya gramotnost' i tsifrovyye finansovyye kompetentsii v upravlenii znaniyami [Digital financial literacy and digital financial competencies in knowledge management]. Journal of Creative Economy, no. 17 (5), pp. 1637–1654 (In Russian).
Masyuk N. N., Kulikova O. M., Usacheva E. V. (2020) Primenenie imitacionnogo modelirovaniya i agentnogo podhoda pri reshenii zadach planirovaniya i optimizacii v zdravoohranenii RF [Application of simulation modeling and agent approach in solving planning and optimization problems in healthcare of the Russian Federation]. The Science of Person: Humanitarian Researches, vol. 14, no. 3, pp.
198–207. DOI: 10.17238/issn1998-5320.2020.14.3.24 (In Russian).
Melnikova Yu. V. (2022) Komp'yuternoye modelirovaniye investitsionnogo riska na osnove pokazatelya VALUE-AT-RISK [Computer modeling of investment risk based on the VALUE-AT-RISK indicator]. Matematicheskoye i komp'yuternoye modelirovaniye v ekonomike, strakhovanii i upravlenii riskami – Mathematical and computer modeling in economics, insurance and risk management, no. 7, pp. 94–98 (In Russian).
Raevsky L. A., Vlasova A. V. (2023) Modelirovaniye urovnya inflyatsii Rossiyskoy Federatsii [Modeling the inflation rate of the Russian Federation]. Obrazovaniye i nauka v sovremennom mire. Innovatsii – Education and Science in the Modern World. Innovations, no. 1 (44), pp. 73–80 (In Russian).
Tyan V. K., Komarov P. A. (2022) Momentnaya teoriya modelirovaniya protsessov proizvodstva, stroitel'stva i ekspluatatsii rezervuarov, izgotovlennykh industrial'nym sposobom [Moment theory of modeling the processes of production, construction, and operation of industrially manufactured tanks]. Transport and storage of oil products and hydrocarbons, no. 5-6, pp. 43–39 (In Russian).
Vakhrushev S. A., Trofimov B. S., Trofimova L. S. (2022) Matematicheskoye modelirovaniye proizvodstvennykh pokazateley raboty podvizhnogo sostava s uchetom usloviy Kraynego Severa [Mathematical modeling of production indicators of rolling stock operation taking into account the conditions of the Far North]. Intellect. Innovations. Investments, no. 4, pp. 104–115 (In Russian).
Veremchuk N. S. (2023) O formirovanii tsifrovoy gramotnosti studentov na baze imitatsionnogo model'nogo podkhoda [Development of students' digital literacy skills through the simulation model approach]. Russian Journal of Social Sciences and Humanities, vol. 17, no. 3, pp. 179–187. DOI: 10.57015/issn1998-5320.2023.17.3.19 (In Russian).

Veremchuk N. S., Kulikova O. M. (2024) Informatsionnyye tekhnologii kak instrument ekonomicheskogo planirovaniya i upravleniya gorodskoy sredoy v sovremennykh usloviyakh [Information technologies as a tool for economic planning and management of the urban environment in modern conditions]. Actual problems of economics and management, no. 1 (41), pp. 14–22 (In Russian).

Информация об авторах

Веремчук Наталья Сергеевна
Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной информатики. Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), г. Омск, РФ. Омский государственный технический университет, г. Омск, РФ.
ORCID ID: 0000-0002-2709-9755.
E-mail: n-veremchuk@rambler.ru

Юлия Ивановна Привалова
Кандидат технических наук, доцент кафедры физики и математики. Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), г. Омск, РФ.
ORCID ID: 0000-0003-1425-3079.
E-mail: yuliya.privalova.77@list.ru

Екатерина Валентиновна Воробьева
Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной информатики. Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), г. Омск, РФ.
ORCID ID: 0009-0004-9423-9430.
E-mail: k_g_dom@mail.ru

Autor's information

Natalya S. Veremchuk
Cand. Sc. (Physic. and Mathemat.), Associate Professor of Applied Informatics Department. The Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russian Federation. Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation.
ORCID ID: 0000-0002-2709-9755.
E-mail: n-veremchuk@rambler.ru

Yulia I. Privalova
Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of Physics and Mathematics Department. The Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russian Federation.
ORCID ID: 0000-0003-1425-3079.
E-mail: yuliya.privalova.77@list.ru

Ekaterina V. Vorobyova
Cand. Sc. (Physic. and Mathemat.), Associate Professor of Applied Informatics Department. The Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russian Federation.
ORCID ID: 0009-0004-9423-9430.
E-mail: k_g_dom@mail.ru